

## MEREDUKSI KEDIP TEGANGAN AKIBAT PENGASUTAN MOTOR INDUKSI

Tawarno<sup>1</sup> Ghoni Musyaha<sup>2</sup>

Teknik Elektronika Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer  
Universitas Muhammadiyah Pekajangan Pekalongan  
Jl. Raya Pahlawan No. 10 Gejlig – Kajen Kab. Pekalongan  
Telp. : (0285) 385313, www.fastikom.umpp.ac.id

### ABSTRAK

Sistem tenaga listrik harus memiliki tingkat keandalan yang tinggi agar sistem tersebut mampu menyediakan pasokan energi listrik yang dibutuhkan secara kontinyu dan kualitas daya yang baik dari segi fluktuasi tegangan maupun frekuensinya. Salah satu gangguan yang sering terjadi pada sistem tenaga listrik adalah gangguan kedip tegangan (*voltage sags*). Kedip tegangan ini dapat disebabkan oleh pemikulan beban yang besar atau pengasutan motor berkapasitas besar. Pada pengasutan motor arus starting yang dihasilkan dapat mencapai 5-10 kali nilai nominalnya, sehingga perlu diterapkan metode starting motor untuk mereduksi arus yang besar ini.

Kata kunci : kedip tegangan, metode pengasutan, mereduksi

### 1. PENDAHULUAN

Suatu sistem tenaga listrik dikatakan memiliki tingkat keandalan yang tinggi apabila sistem tersebut mampu menyediakan pasokan energi listrik yang dibutuhkan oleh konsumen secara kontinyu dan dengan kualitas daya yang baik dari segi fluktuasi tegangan maupun frekuensinya. Tersedianya penyaluran energi listrik yang kontinyu pada suatu kawasan industri akan menghindarkan perusahaan tersebut dari kerugian produksi atau “*loss of production*” yang secara finansial akan sangat merugikan perusahaan

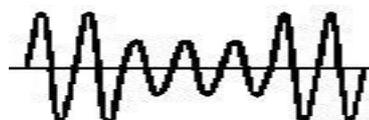
Pada kenyataannya, banyak permasalahan-permasalahan yang dihadapi oleh suatu sistem tenaga listrik dalam penyediaan energi listrik secara kontinyu. Salah satu gangguan yang sering terjadi pada sistem tenaga listrik adalah gangguan kedip tegangan (*voltage sags*). Gangguan ini merupakan gangguan transien pada sistem tenaga listrik, yaitu kenaikan atau penurunan tegangan sesaat (selama beberapa detik) pada jaringan sistem.

Kedip tegangan dapat disebabkan oleh dua hal, yaitu : pertama, adanya gangguan hubung singkat pada jaringan tenaga listrik itu sendiri; kedua, adanya perubahan beban secara mendadak (seperti : switching beban dan pengasutan motor induksi). Penurunan tegangan pada sistem ini akan dapat menyebabkan gangguan pada peralatan lain, terutama peralatan-peralatan yang peka terhadap fluktuasi tegangan

Dalam makalah ini akan dibahas mengenai kedip tegangan yang terjadi akibat adanya pengasutan motor induksi berkapasitas besar.

### 2. TINJAUAN PUSTAKA

Menurut standar IEEE 1159-1995, *IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality*, definisi *sag/kedip* adalah penurunan nilai rms tegangan atau arus pada frekuensi daya selama durasi waktu dari 0,5 cycles (0,01detik) sampai 1 menit dan rentang perubahan dari 0,1 sampai 0,9 pu pada harga rms besaran tegangan atau arus. Hal ini menyebabkan lepasnya (*trip*) peralatan-peralatan yang peka terhadap perubahan tegangan. Gambar 2.1 menunjukkan gangguan *sag/kedip*.



Gambar 2.1 Kedip Tegangan

#### 2.1. Penyebab Kedip Tegangan

Kedip tegangan berbeda dengan tegangan kurang (*under voltage*). Durasi *under voltage* lebih dari 1 menit dan dapat dikontrol dengan peralatan regulasi tegangan (*voltage regulator*). Kedip tegangan dapat disebabkan oleh hal-hal sebagai berikut, diantaranya:

1. Gangguan pada sistem, seperti gangguan hubung singkat. Gangguan yang sering terjadi pada sistem adalah gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah.
2. Pemikulan beban yang besar atau pengasutan motor berkapasitas besar.
3. Perihal yang terjadi pada saluran penyaluran daya, seperti kecelakaan saat perbaikan dalam keadaan bertegangan, sambaran petir (*lightning*)

*strike*) dan benda jatuh yang menyebabkan gangguan ke tanah.

- Perubahan beban yang berlebihan/di luar batas kemampuan sistem daya

Perubahan beban besar secara mendadak atau pengasutan motor (*motor starting*) juga dapat menyebabkan dip tegangan.

## 2.2 Batasan Nilai Kedip Tegangan

Nilai dari kedip tegangan (*voltage dip*) harus diperhatikan agar tidak mempengaruhi kerja dari peralatan-peralatan elektronik ataupun peralatan-peralatan kontrol dalam suatu pabrik/industri.

**Tabel 2.1** Tipikal rentang kualitas daya input dan parameter beban pada sebuah komputer

Parameter	Rentang
Batasan tegangan ( <i>steady state</i> )	+6 %, -13 %
Gangguan tegangan	<i>Surge</i> +15 % - maks 0,5 s
	<i>Sag</i> -18 % - maks 0,5 detik
	<i>Transient overvoltage</i> 150-200 % - 0,2 s
Harmonik	Maks 5% (peralatan beroperasi)
Kompatibilitas elektromagnetik	Maks 1 V/m
Batasan frekuensi	60 Hz $\pm$ 0,5
Perubahan frekuensi	1 Hz/s
Tegangan tiga-fasa tak imbang	2,5 %
Beban tiga-fasa tak imbang	5 – 20 %
Faktor daya	0,8 – 0,9
<i>Load demand</i>	0,75 – 0,85 (dari beban tersambung)

Sumber : IEEE std 446-1995, *IEEE Recommended Practice for Emergency and Standby Power System for Industrial and Commercial Application*.

**Tabel 2.1** Sensitivitas peralatan terhadap *temporary low-voltage*

Lokasi <i>drop</i> tegangan	Tegangan minimum yang diperbolehkan (% <i>rating</i> peralatan)
Terminal motor yang diasut	80 %
Terminal motor lain yang memerlukan re-akselerasi	71 %
Kontaktor AC <i>trip</i> (menurut standar)	85 %
Kontaktor DC <i>trip</i> (menurut standar)	80 %

Kontaktor <i>hold-in</i>	60 – 70 %
Piranti kontrol <i>solid-state</i>	90 %
Tipikal peralatan elektronik	80 %
Ballast lampu Metal halide atau HP sodium	90 %

Sumber : PacifiCorp, *Engineering Handbook*.

## 2.3 Drop Tegangan Saat Pengasutan Motor

Motor listrik AC (sangkar tupai dan sinkron), menarik arus *start* tegangan penuh sebesar 4 – 8 kali arus nominal beban penuh agar dapat memperoleh torsi *starting*/peng-asutan cukup untuk mulai berputar. Adanya arus *start* besar yang secara tiba-tiba ditarik dari sistem tenaga listrik dapat menyebabkan kedip tegangan sesaat. Akibat yang merugikan karena terjadinya kedip tegangan antara lain :

- Torsi transien *shaft* pada motor, yang dapat menyebabkan *stress* yang berlebihan pada sistem mekanik.
- Drop* tegangan yang berlebihan, yang dapat menghambat akselerasi motor dari kondisi diam ke kecepatan penuhnya.
- Mal-fungsi dari kinerja peralatan-peralatan lain, seperti : rele, kontaktor, peralatan elektronik, komputer (media penyimpanan data), dan terjadinya *flicker* pada penerangan yang dapat mengganggu.

## 2.4 Metode Pengasutan Motor

### 2.4.1 Metode *Direct on Line*(DOL)

*Starting* motor induksi dapat dihubungkan secara langsung (DOL.). Ketika motor dengan kapasitas yang sangat besar di-*start* dengan *direct-on-line*, tegangan sistem akan terganggu (terjadi *voltage dip* pada jaringan suplai) karena adanya arus *starting* yang besar. Gangguan tegangan ini dapat menyebabkan kerusakan pada peralatan elektronis yang lain yang terhubung dengan sumber.

### 2.4.2 Metode *Autotransformer*

Salah satu cara untuk mengurangi tegangan terminal ke motor adalah dengan menurunkannya dengan menggunakan autrafo. Kemudian, ketika motor telah mencapai percepatan yang mendekati kecepatan maksimum, tegangan yang telah diturunkan akan dikembalikan lagi ke normal. Kondisi *starting* motor bergantung pada posisi *tapping* pada belitan trafo. Biasanya terdapat tiga atau lebih pilihan *tapping* yang disediakan sebagai alternatif kondisi *starting*, seperti : 40 %, 60 %, atau 75 % tegangan saluran.

### 2.4.3 Metode *Star-Delta*

Prinsip kerjanya adalah sebagai berikut : pada posisi *start*, belitan terhubung bintang/*star*,

sedangkan pada posisi *running* belitan terhubung delta. Tegangan yang melewati masing-masing fase belitan pada posisi *start* bintang adalah 58 % atau  $\frac{1}{\sqrt{3}}$  dari tegangan hubungan delta, dengan konsekuensi arus yang mengalir berkurang saat *starting*.

#### 2.4.4 Metode Reaktor/resistor Seri

Dapat dikatakan bahwa untuk membatasi arus yang dibangkitkan, resistor menambah impedans pada rangkaian AC yang sebanding dengan nilai induktans dan frekuensi yang digunakan. Jatuh tegangan pada saluran mungkin bisa lebih kecil karena pengasutan dengan resistor mempunyai faktor daya yang lebih baik.

#### 2.5 Perhitungan Kedip Tegangan

Dalam perhitungan kedip tegangan, nilai *minimum symmetrical interrupting duty* pada titik sumber sistem harus diketahui. Kemudian, menghitung impedans saluran sistem atau reaktans antara titik sumber dan motor. Impedans motor dapat dihitung berdasarkan katalog dari pabrik pembuatnya, yang biasanya diberikan nilai untuk tegangan penuh dan arus *locked-rotor*.

Dalam menghitung tegangan motor saat terjadi pengasutan digunakan persamaan :

$$V_s = \frac{Z_m}{\sqrt{(R_m + R_s)^2 + (X_m + X_s)^2}} \times V_I$$

dengan :

- $V_s$  = tegangan motor saat pengasutan (V)
- $V_I$  = tegangan awal saat pengasutan (V)
- $Z_m$  = impedans motor yang diasut ( $\Omega$ )
- $R_m$  =  $Z_m \cos \theta_m$  ( $\Omega$ )
- $X_m$  =  $Z_m \sin \theta_m$  ( $\Omega$ )
- $\cos \theta_m$  = faktor daya arus yang ditarik oleh motor yang diasut
- $R_s$  = resistans total jaringan antara motor dan titik pada sistem ( $\Omega$ )
- $X_s$  = reaktans total jaringan antara motor dan titik pada sistem ( $\Omega$ )

Persamaan diatas dapat disederhanakan menjadi:

$$V_s = \frac{Z_m}{Z_m + X_s} \times V_I$$

dengan :

- $V_s$  = tegangan motor saat pengasutan (V)
- $V_I$  = tegangan awal saat pengasutan (V)
- $Z_m$  = impedans motor yang diasut ( $\Omega$ )
- $X_s$  = reaktans total jaringan antara motor dan titik pada sistem ( $\Omega$ )

Karena perhitungan *drop* tegangan saat pengasutan motor biasanya ditujukan untuk motor-motor yang memiliki kapasitas diatas 100 HP, *error* yang ada pada persamaan yang disederhanakan dapat diabaikan. Prosentase *drop* tegangan saat pengasutan dapat diperoleh melalui persamaan :

$$V_s = \frac{Z_m}{Z_m + X_s} \times V_I$$

dengan :

- %  $V_s$  = prosentase tegangan sistem saat *starting* motor
- %  $Z_m$  = prosentase impedans motor
- %  $X_s$  = prosentase reaktans total jaringan antara motor dan titik pada sistem

Besar impedans motor (ohm) adalah :

$$Z_m = \frac{V_m}{\sqrt{3} \times I_s}$$

dengan :

- $V_m$  = tegangan *rating* motor (V)
- $I_s$  = arus *starting* pada tegangan *rating* motor (A)

Prosentase impedans motor dihitung dengan persamaan :

$$\% Z_m = \frac{100}{\frac{I_{LR}}{I_{FL}}}$$

dengan :

- $I_{LR}$  = arus *locked-rotor* (A)
- $I_{FL}$  = arus beban penuh/*full-load* (A)

### 3. PEMBAHASAN

Upaya yang dapat dilakukan untuk menanggulangi kedip tegangan yang terjadi pada saat *starting* motor antara lain:

1. Membatasi arus *start*  
Pada saat dilakukan *starting* motor, motor akan menarik arus *start* yang besar. Dengan besarnya arus yang mengalir pada jaringan sistem, maka akan terjadi kedip tegangan yang besar pula. Dengan dibatasinya arus yang ditarik oleh motor, maka kedip yang terjadi akan dapat dimimalisir
2. Menambah kapasitas daya suplai  
Kedip tegangan yang terjadi saat pengasutan motor dapat diminimalisir dengan menambah kapasitas daya suplai saat dilakukan pengasutan jika dimungkinkan.. Penambahan kapasitas daya suplai sistem dapat dilakukan dengan cara mengaktifkan genset back up.

### 4. PENUTUP

#### 4.1 Kesimpulan

1. Besarnya kedip tegangan rata-rata terbesar terjadi pada pengasutan motor dengan metode *direct on line*
2. Besarnya kedip tegangan rata-rata terkecil terjadi pada pengasutan motor dengan metode *star-delta*

- metode *resistor tap* dengan demikian metode ini merupakan alternatif yang terbaik untuk meminimalisir kedip tegangan yang terjadi
3. Kedip tegangan dapat diminimalisir dengan menambah kapasitas suplai daya dari pembangkit dan mengurangi arus pengasutan dengan cara menggunakan metode pengasutan.

#### 4.2 Saran

Pada makalah ini hanya parameter tegangan dan arus yang diamati. Diharapkan untuk makalah berikutnya, parameter-parameter yang diamati dapat lebih banyak dan bervariasi, misalnya : durasi *dip* tegangan, torsi awal yang terjadi, faktor daya, dan frekuensi sistem.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Saudin, Norshafinash. 2007. "*Voltage Sags Mitigation Techniques Analysis*". <http://eprints.utm>
- [2] Arrilangga, J dan Watson, N R. 2000. *Power system Assessment*. John Willey & Sons.
- [3] Seminar Nasional Ketenagalistrikan. 2005. "Simulasi Tegangan Dip pada Distribusi Tegangan rendah Menggunakan EMTP". Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro. <http://uyak03.files.wordpress.com>
- [4] IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality. IEEE Std 1159-1995
- [5] Malik, Marshal. 2005. *Penggunaan Motor Induksi Besar Di PLTU*. Tugas Akhir Sekolah Tinggi Teknik PLN Jakarta.
- [6] Zuhail. 1995. *Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya*. Jakarta : PT. Gramedia Pustaka Utama.
- [7] Kadir, Abdul. 1986. *Mesin Tak Serempak Edisi Kedua*.
- [8] Turan Gonen. 1987. *Electricity Power Distribution System Engineering*. Mcgraw- Hill book Company. 2<sup>nd</sup> Printing.
- [9] Stevenson, William. 1993. *Analisis Sistem Tenaga listrik edisi Keempat*. Jakarta : Erlangga.
- [10] Power Station 4.0 User Guide ETAP. Operation Technology, .Inc. Desember 2001

